

DESARROLLO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO LUMÍNICO DE LA RED TIPOLOGICA DE EDIFICIOS DE EDUCACIÓN DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Gustavo A. San Juan^{*}, Mónica Bogatto, Adriana Toigo^{**}, Elias Rosenfeld^{***}

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, calle 47
N° 162 c.c.478 La Plata (1900), Argentina.
Tel-fax 054-21-214705. EMail crosenfe@isis.unlp.edu.ar.

RESUMEN

El trabajo expone a nivel metodológico los primeros resultados de evaluación del comportamiento lumínico de la red tipológica de educación de la provincia de Buenos Aires. Se recurre a la técnica de análisis tipológico y simulación computacional. Objeto de análisis son los edificios del nivel de educación inicial, presentándose a modo de ejemplo la evaluación de uno de sus tipos representativos. Se intenta generar herramientas prácticas e información sistemática para el uso del diseñador escolar.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se asienta sobre la red de edificios de educación oficial de la provincia de Buenos Aires. Del estudio particularizado, se desprende la no concurrencia de criterios de diseño térmico y lumínico desarrollados conjuntamente para arribar a un diseño optimizado. La correcta adecuación de los edificios escolares en cuanto al confort lumínico - aprovechando la luz natural- es un criterio importante, justificando la implementación de estudios que incrementen la disponibilidad de información cuali-cuantitativa sistemática para su uso corriente.

De lo expresado se desprende la necesidad de abordar los siguientes objetivos:

- i. Desarrollo de metodología de evaluación lumínico de edificios escolares.
- ii. Clasificación tipológica de edificios representativos, con mayor significancia en el corte edilicio.
- iii. Adecuación de técnicas de evaluación lumínica de edificios escolares.
- iv. Generación de herramientas prácticas para uso del proyectista.

El desarrollo metodológico y los resultados que se exponen se refieren a la evaluación del funcionamiento lumínico de tipos edilicios y sectores significativos incorporando al estudio cortes individualizados en la clasificación tipológica de diseños representativos. Se utilizan técnicas de simulación estacionarias y utilización de modelos a escala para validar los resultados. Se intenta arribar a conclusiones acerca de las condiciones térmicas y lumínicas que se acerquen a un balance optimizado de ambas. Este trabajo se vincula con el desarrollo de otras variables como es la evaluación del funcionamiento energético [Ver paper "Evaluación de funcionamiento energético y habitabilidad higrotérmica de la red tipológica de educación de la Prov. de Buenos Aires" ASADES, Mar del Plata, 1996].

METODOLOGÍA

La característica de trabajo del grupo genera la necesidad de elaborar metodología destinada a la determinación del "estado" de redes tipológicas, en este caso la de educación oficial de la provincia de Buenos Aires. Esta posee la peculiaridad de contar con una serie de edificios tipológicamente representativos, diseminados en un extenso territorio, asociados a casos no tipológicos. Para los edificios del primer grupo resulta productivo abordar el problema generando material de consulta sobre su comportamiento real y optimizado.

Metodológicamente el trabajo se estructura según las siguientes instancias:

- i. Determinación de los tipos edilicios representativos y de sus cortes, identificación de los sectores funcionales;
- ii. Determinación de las variables de diseño: ubicación y tamaño del aventanamiento, orientación del local, coeficiente de reflexión de las superficies internas;
- iii. Evaluación del comportamiento lumínico real y optimizado: los sectores constitutivos (aulas, salón de usos múltiples y circulación) y su influencia recíproca;
- iv. Comparación de las diferentes alternativas tipológicas desde un punto de vista lumínico;
- v. Confrontación de resultados térmicos y lumínico.

^{*} Becario Post-doctoral CONICET. ^{**} Colaborador. ^{***} Investigador CONICET.

1. Modelo de cielo.

Los modelos de cielo internacionalmente reconocidos son los propuestos por el CIE (Comité Internacional de l'Eclairage) que define los siguientes tipos de cielo [1] [2] [3] [4] :

- Cielo claro (*Clear Sky*), caracterizado por una distribución de luminancia no uniforme;
- Cielo cubierto a luminancia constante (*Completely Overcast Sky*) que se caracteriza por una distribución uniforme de la luminancia;
- Cielo cubierto a luminancia variable (*Cloudy Sky*).

La región geográfica objeto de estudio es, en este trabajo, la provincia de Buenos Aires en la cual resulta admisible la adopción de un modelo de cielo cubierto, calculable con la fórmula propuesta por Moon y Spencer y asumida 1955 por el CIE como cielo de referencia (*CIE Standard Overcast Sky*). Este cielo está caracterizado por una luminancia cenital máxima que disminuye con el ángulo de altura según:

$$L_p = L_z (1 + 2 \operatorname{sen} \zeta / 3)$$

donde: L_p = luminancia punto
 L_z = luminancia en el cenit.
 ζ = ángulo solar cenital

La elección de este cielo está avalada por la bibliografía específica [5] y por los datos meteorológicos de la provincia proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional [6]. De estos últimos se desprende que el número de días de cielo cubierto supera a la ocurrencia de días claros a lo largo del año, no habiendo diferencia sustantivas entre el periodo invernal y el estival (por ejemplo para la ciudad de La Plata el promedio mensual anual de días cubiertos es de 18.5). Además la elección de este modelo se justifica en el hecho que así se evalúa la condición más desfavorable desde el punto de vista del confort lumínico en espacios escolares. Aparece entonces claro que, a diferencia que en otras regiones del país [7], en la Provincia de Buenos Aires se puede asumir como cielo de referencia un cielo cubierto.

2. Programa de simulación.

El programa de cálculo de iluminación natural utilizado para la evaluación de espacios interiores RAFIS [8] fue elaborado por un equipo de investigadores de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña. Es un programa de uso académico y de diseño con entrada de datos simplificada; admite prácticamente cualquier forma de local, con la limitación de que se considera el suelo horizontal y de que sus cerramientos no deben proyectarse nunca hacia el interior, ya que no admite formas convexas, puede utilizarse en ordenadores personales compatibles tipo IBM con pantalla VGA color o similar. Dicho programa calcula y representa gráficamente los valores de "Factor de Iluminación Natural", FIN (%), en un plano horizontal teórico situado a 80 cm del suelo [9].

El modelo de cielo cubierto desarrollado por los autores no es el cielo cubierto estándar, sino que contempla un factor de corrección de la luminancia de la bóveda celeste para situaciones de cielo cubierto en latitudes alrededor de 35° N, según la siguiente expresión:

$$L_p = L_z [A + B \cos^2(a/2)] [(1 + 2 \operatorname{sen} \zeta / 3)]$$

donde: L_p = luminancia punto.
 L_z = luminancia en el cenit.
A, B = coeficientes según turbidez atmosférica: A = 0.8, B = 0.4
a = ángulo acimutal medido a partir del Sur geográfico
 ζ = ángulo solar cenital.

3. Mediciones en campo real.

Los indicadores gráficos y numéricos provenientes de la simulación son confrontados con los valores obtenidos en las mediciones en campo real realizadas utilizando maquetas en escala 1:20 correspondientes a los casos contemplados en la figura 1, según las variables de diseño elegidas. Este medio posibilita la obtención de valores reales de diferentes soluciones arquitectónicas que se pueden adoptar.

TIPOLOGIA		ORGANIZACION	CORTE TIPO	MODELOS DE CORTE		
	PATIO CUBIERTO					
	SIMPLE CRUJIA					
	DOBLE CRUJIA					
	EN "L"					

Figura 1: Tipos edilicios y cortes representativos de establecimientos del nivel inicial.

RESULTADOS

i. Tipos edilicios representativos y sus cortes:

Se adoptan tipos edilicios ya individualizados [10] de los cuales se examinan diferentes soluciones [10] de planta y corte cortes típicos con iluminación natural unilateral y bilateral. El diagnóstico se realiza sobre sectores funcionales significativos, también entendidos como "módulos edilicios energo productivos (MEEP)", correspondientes para este trabajo a edificios escolares de nivel inicial.

ii. **Variables de diseño elegidas:**

La evaluación del comportamiento lumínico se realiza en primera instancia sobre el edificio existente, con sus características dimensionales y constructivas, y en segunda instancia se modifican las siguientes variables:

- 1- Coeficientes de reflexión interna: paredes 0.6 a 0.8, piso 0.2 y 0.5, techo 0.7 a 0.8 [11];
- 2- Ubicación y tamaño de las aberturas (según figura 2).

Valores fijos:

- 1- Coeficiente de transparencia del vidrio = 0.7 al cual se le aplica un coeficiente de corrección por suciedad según norma IRAM :: Coef. final = $0.7 \times 0.8 = 0.56$;
- 2- Coeficiente de obstrucción = 0

Los indicadores de calidad lumínica de los espacios interiores adoptados son los siguientes:

FIN mínimo (%); FIN medio (%); FIN máximo (%); Coeficiente de uniformidad CU.

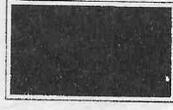
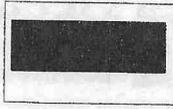
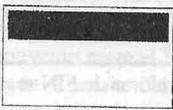
TIPO	DESCRIPCION
	VENTANA PARED Ancho = según aula Alto = según aula
	VENTANA CORRIDA Ancho = según aula Antepecho = 0,90m Alto = 1,20m
	VENTANA CORRIDA ALTA Ancho = según aula Antepecho = 1,70m Alto = 0,90m

Figura 2: Tipos de aberturas adoptadas.

iii. **Evaluación del comportamiento lumínico:**

A modo metodológico, en el presente trabajo se expone el análisis de un caso correspondiente a un jardín de infantes de tipo edilicio con patio central cubierto. Las aulas poseen aventanamiento bilateral que proporciona una entrada de luz directa desde el exterior en un lado e indirecta desde el patio cubierto en el otro. La iluminación natural del SUM se compone del aporte de luz entrante por grandes aberturas en sus lados más cortos y por ventanas corridas altas en sus lados más largos.

La evaluación se realizó en dos instancias:

- a. Sobre la situación real;
- b. Sobre la situación optimizada según las variables enunciadas en el punto ii.

Los resultados obtenidos detectan la siguiente situación:

- el aporte de luz procedente desde el SUM es muy pequeño y consecuentemente despreciable;
- el FIN min. resultante está, en éste y en todas las variantes de aula analizadas, muy por debajo del valor mínimo previsto por las normas IRAM;
- en todos los casos es muy grande la porción de aula donde la cantidad de luz resulta inadecuada a los requerimientos;
- se detecta, en el caso de ventana-pared, una fuerte falta de uniformidad de las condiciones lumínicas del local.

Aparece claro que la profundidad del local no permite en caso de iluminación unilateral obtener condiciones de confort lumínico en locales con las características del examinado. Por un lado se verifican situaciones de gran contraste entre sus extremos y, por el otro, la cantidad de luz natural resulta insuficiente en aproximadamente los 2/3 de la profundidad del aula.

Se observa que una mejora de las condiciones se podría obtener introduciendo las siguientes modificaciones:

- Aventanamiento bilateral que genera una situación en la cual el valor de FIN mínimo sea más alto, respondiendo a los requerimientos mínimos de confort lumínico y disminuya la fuerte diferencia entre los valores extremos del Factor de Iluminación Natural;
- Disminución de la profundidad del local mejorando la uniformidad lumínica en su interior y aumentando, en consecuencia el valor del FIN min.;
- Colocación de protecciones (aleros, cortinas, venecianas, etc.) A la radiación lumínica directa para evitar situaciones de fuerte contraste (ver el caso de la ventana pared).

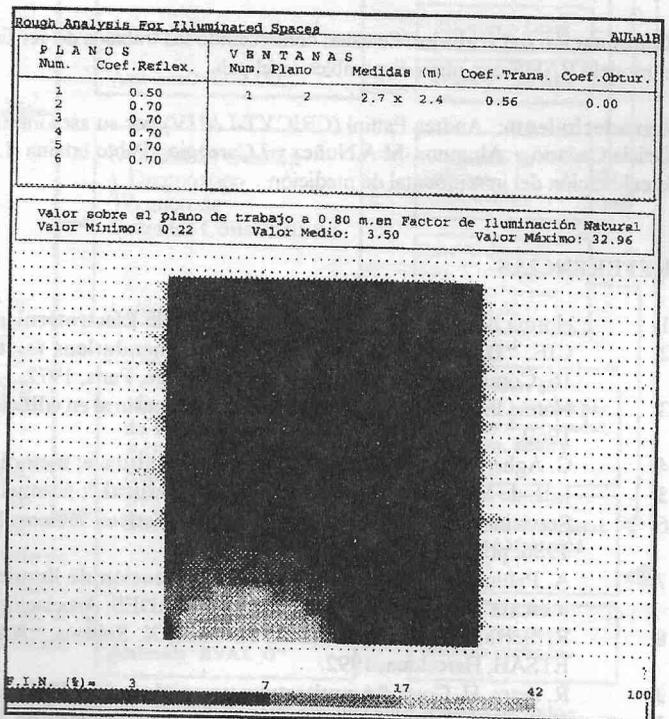


Figura 3: Salida de resultados de simulación.

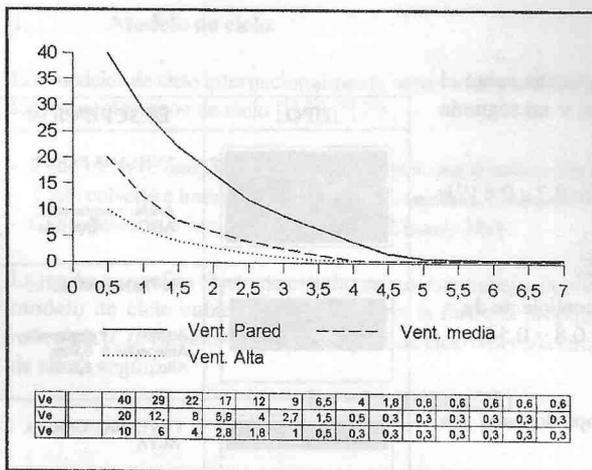


Figura 4: Gráfico de valores de FIN según tipo de ventana.

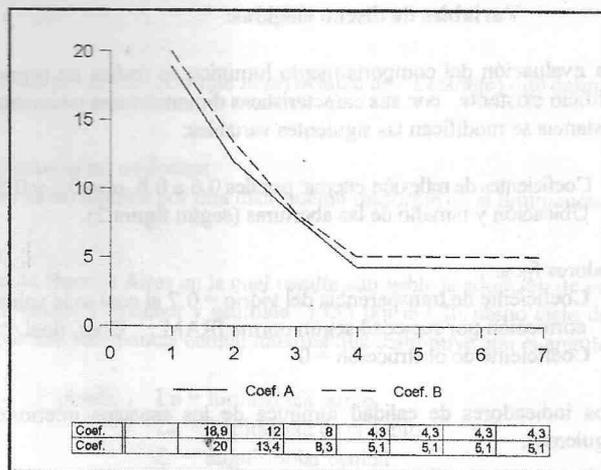


Figura 5: Gráfico de valores de FIN según diferentes Coeficientes de reflexión.

Se observa que un diferente tamaño del aventanamiento, conjuntamente a su diferente posición en el cerramiento, provocan una diferente cantidad de luz entrante y una diferente distribución de la misma con valores apreciables (figura 4). Mientras, modificaciones de los coeficientes de reflexión de los cerramientos no inducen cambios sustanciales de las condiciones lumínicas (figura 5).

CONCLUSIONES

La determinación de la situación real y mejorada, según las variables enunciadas, de los sectores funcionales o de la tipología como tal posibilitan el diagnóstico particularizado y su comparación.

Se advierte interesante el análisis centrado en la influencia recíproca de los ambientes colindantes. La utilización de un programa de simulación de fácil acceso y lectura de resultado brinda un ágil diagnóstico, posibilitando múltiples pruebas en una cantidad relativamente alta de casos.

El estudio, centrado en cortes típicos por tipologías, tanto de los reales como de alternativas optimizadas, la utilización de modelos a escala con alternativas de obstrucción y coeficientes de reflexión, brindará una base de información sistematizada y posibilitará una mejor comprensión de los procesos, resultados y herramientas para el diseñador de espacios escolares.

Continuación del trabajo: Se están comenzando los trabajos de verificación en modelos a escala. Se prevee asimismo confrontar el modelo RAFIS con otros disponibles en el país.

Agradecimiento: Andrea Pattini (CRICYT-LAHV) por su asesoramiento; Curso de maquetería de la FAU: Prof. Javier Posik y Leticia Cadario y Alumnos. M.A. Nuñez y J. Careggio; Pablo Ixtaina (Laboratorio de Acústica y Luminotecnia-LAL) encargado de la calibración del instrumental de medición.

REFERENCIAS

1. Norma IRAM-AADL J20-01. "Vocabulario Electrotécnico Internacional". Junio 1989.
2. CIE. "Daylighting: International Recommendations for the calculation of natural daylight", CIE Publication n. 16, Commission Internationale de l'Eclairage, Paris, 1972.
3. Norma IRAM-AADL J20-02. "Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales". Julio 1969.
4. C. Aghemo, C. Azzolino. "Illuminazione naturale: metodi ed esempi di calcolo". Ed. CELID, Torino, 1995.
5. L.R. de Mascaró. "Luminotécnica. Luz natural". Manual SUMMA 1, Ed. Summa, Buenos Aires, 1977.
6. Servicio Meteorológico Nacional. "Estadísticas meteorológicas 1971-1980. Estadística n. 36". Buenos Aires, 1986, primera edición.
7. A. Pattini, J. Mitchell, C. De Rosa. "Evaluación de iluminación natural en aulas mediante simulación y modelos a escala". Actas de la 16ª Reunión de ASADES, Asociación Arg. de Energías Renovables y Ambiente. La Plata, 1993.
8. R. Serra, R. Lladser, J. Parera, H. Coch, X. Solsona. "RAFIS. Rough Analysis For Illuminating Spaces". UPC, ETSAB, Barcelona, 1992.
9. R. Serra, H. Coch. "Arquitectura y energía natural". Ediciones UPC, Barcelona, 1995.
10. G. San Juan, E. Rosenfeld. "El edificio de uso discontinuo. El caso educación". Actas de la 17ª Reunión de ASADES, Asociación Argentina de Energías renovables y Ambiente, Rosario, 1994.
11. Norma IRAM-AADL J20-04. "Iluminación en escuelas. Características". Noviembre 1974.